Clarín
CIENCIA Y TECNICA

Buenos Aires,
martes 14 de febrero
de 1989

LA REPARACION DE LAS CENTRALES NUCLEARES

MANO A MANO CON ATUCHA

Por Daniel Arias

Lo que sigue es un aspecto desconocido de la lucha contra los apagones de luz: con cautelosos movimientos de cangrejo, la mano mecánica deambula bajo el agua y captura finalmente un grueso tubo roto. La radiación de esa zona es de 400.000 roentgen por hora, suficiente para transformar a un hombre en una especie de huevo frito en fracciones de segundo. Indiferente al asunto, la mano metálica se queda un rato quieta, como meditando un rumbo para desplazarse, con su poco manejable presa, por entre la complicada jungla de caños verticales que le clausura el paso.

Ahora parece haber llegado a una decisión. Con precavidos zigzagueos y enrevesadas maniobras, llega a destino y procede a introducirse la pieza recobrada en un recipiente de boca abierta, nada menos que un tacho de basura de alta tecnología. Los dos dedos metálicos se abren: el caño por poco no resbala afuera del recipiente y cae al fondo. Las cámaras de video siguen los esfuerzos del caño por caerse, y el maniobreo de la garra metálica por impedirlo.

Catorce metros arriba de donde sucede esto, sobre el techo mismo del recipiente de presión de la central electronuclear Atucha I y protegido de neutrones y gamma por acero, hormigón y plomo, hay un encapuchado con un "joystick", un monitor de video, y dedicado a decir cosas horribles. Podría creerse que ha perdido su última ficha jugando al Pac-Man, pero es el operador de una extraña herramienta que nuestro país diseñó, casi entre gallos y medianoche, para someter a cirugía el corazón de esta central y volverla a orden de batalla. Con una hábil jugarreta de "joystick", el ingeniero logra calzar el caño roto en el recipiente, y grita en un micrófono: "Listo, Jorge. ¡A retirar la canasta, ahora!".

Ilustración de Horacio Rodríguez Fischer

Y a retirar al operador, también. En esa zona de la central no es conveniente que nadie se quede más de media hora, tiempo suficiente como para absorber unos 120 milirem de radiación. "Eso es bastante menos de lo que un paciente recibe al hacérsele una placa de rayos X, pero muchas exposiciones en un plazo corto tienen efecto acumulativo. Por eso, en una reparación difícil como esta, andamos con pie de plomo", aclara el ingeniero Juan Manuel Espeche, jefe de radioprotección de Atucha.

El asunto crea un flor de problema de personal: la dosis personal máxima por año es de 5 rem (unas catorce radiografías), de acuerdo con los estrictos reglamentos de radioprotección de la CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica). La central podría estar reparada en dos o tres meses más, pero si las tareas sobre el recipiente de presión se complican y alargan, habrá hombres que cumplirán la dosis anual muy antes de fin de año, y a partir de ese momento tendrán prohibido el acceso al área restringida, su sitio normal de trabajo como operadores de la central. Esas vacantes no pueden ser cubiertas así nomás: alguna gente tiene una capacitación exquisita y costosa.

No es el único motivo para querer finalizar la reparación cuanto antes: hay un país entero esperando la vuelta de la electricidad generada por Atucha I, que pese al pequeño módulo del aparato representó históricamente una parte relativamente fuerte de la energía producida en el país (ver recuadro). Harta de apagones, la Argentina se acuerda de Atucha hoy, porque durante 14 años no tuvo que pensar mucho en ella: la central cumplía como un granadero. Su altísimo factor de disponibilidad, del 81,87%, la ponía entre las máquinas más fieles del mundo, y creaba algunos comentarios en la prensa especializada. El gran público sabía vagamente que existía, nada más.

Lo que sigue explica por qué "se pinchó" este motor que fue primero un puntal, y luego un salvavidas del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Narra también la extraña historia de los ingenieros y fabricantes argentinos que en poco menos que en semanas diseñaron, produjeron y siguen poniendo a punto las nueve extrañas herramientas telecomandadas capaces de operar en el recipiente de presión de la central. Si todo sale bien, la central volverá al ruedo y la CNEA habrá ganado una experiencia algo intempestiva en reparaciones de reactores. Nada le impedirá ofertar en el mercado internacional su capacitación y su instrumental de "médico a palos", y eventualmente exportarlos.

Un descalabro exótico

El 11 de agosto del '88 y tras largas reparaciones, la central perdió potencia: algo estaba frenando la reacción nuclear que la activa. Esta es la desintegración del núcleo de un átomo de uranio 235, cuyo estallido libera neutrones que, por su exceso de energía, deben ser frenados hasta una velocidad que permita su captura por otros átomos similares. Cada neutrón lento puede hacer estallar otro núcleo, regenerando y ampliando el proceso de la "reacción en cadena". En Atucha I, como en cualquier central de uranio natural, lo que frena los neutrones rápidos es el agua pesada, llamada por eso "moderador". Por alguna causa, el moderador no estaba moderando bien y la máquina, falta de neutrones lentos, "se iba quedando".

El núcleo de la central está formado por el enorme recipiente de presión, una especie de superolla que contiene 253 mazos de cañitos de zircaloy llenos de miles de pastillas de cerámica de uranio, el combustible propiamente dicho. Los mazos, llamados elementos combustibles, miden unos 12 metros de largo y van envainados en tubos conocidos como canales refrigerantes, por donde corre a toda velocidad el agua pesada que se lleva fuera del núcleo parte del bestial calor (casi 1.200 megavatios térmicos) causados por tanta desintegración nuclear. El "look" del conjunto: un denso bosque de 253 caños verticales (los canales refrigerantes), sumergido totalmente en un tranquilo lago de moderador, todo dentro de un paquidérmico tacho. El moderador baña los tubos por fuera. Adentro de ellos, separado del moderador, circula "a todo trapo" el refrigerante. Uno y otro fluido son lo mismo, agua pesada, pero aplicada con fines diferentes en circuitos diferentes, y casi incomunicados entre sí.

Esta incomunicación es tan forzosa como las que decretan los jueces. ¿Por qué? Resulta que ambos fluidos deben, obligatoriamente, mantener dos temperaturas muy distintas. El refrigerante entra al núcleo por abajo a 270 grados, con una velocidad de porteño en día lunes, y sale históricamente por arriba a unos 310 grados, ansioso de enfriarse un poco en otros paisajes —como porteño en día viernes—.

(Continúa en la PAGINA SIGUIENTE)

EL DESAFIO DE REPARAR ATUCHA I EN EL MARCO DE LA CRISIS E

Una central de poco músculo y gran rendimiento

A fines del '88 los escasos 357 megavatios instalados de Atucha habían generado tanta electricidad como para avergonzar a los pesos pesados de la red eléctrica nacional. Para ello, conviene recordar un dato que explicó en estas mismas páginas Leonardo Moledo: una cosa es potencia instalada, y otra muy distinta, la energía real entregada. La primera magnitud se mide en kilo o megavatios, y la segunda, en kilo, mega o gigavatios/hora.

El Chocón, que con sus 1.200 megavatios instalados es casi tres veces y media mayor que la centralita nuclear de marras, tendría que trabajar más de 10 años para fabricar esos 31.100 gigavatios/hora de potencia que puso Atucha en nuestras lamparitas. Alicurá, por su parte, tendría que trabajar un poco más de 17 años (y tiene 1.000 megavatios instalados, casi tres veces más que Atucha). Con poca musculatura, Atucha hace mucho trabajo, y con el menor costo de todo el país. A 23 milésimas de dólar el kilovatio/hora generado, no hay ninguna máquina movida por agua, fuel-oil o gas que le pise el poncho con los precios.

Estos datos permiten ver que el agujero que dejó Atucha I al salir de la red nacional es bastante mayor que el que deja su módulo tan chico. Es concreto, desde que empezó la bajante en las dos mayores cuencas "hidro" de la red eléctrica (la del río Limay y la del Uruguay), el país estuvo meses y meses a punto de caerse en el actual abismo de apagones, pero logró no hacerlo colgándose de sus dos manos nucleares (Atucha y Embalse). El asunto se ve bien en números: ambas centrales apenas representan el 9% de la capacidad instalada de la red argentina, pero en alguna ocasión llegaron a generar hasta el 22% de la energía circulante, y habitualmente, el 13%. Más que causar apagones, Atucha y Embalse nos salvaron de unos cuantos.

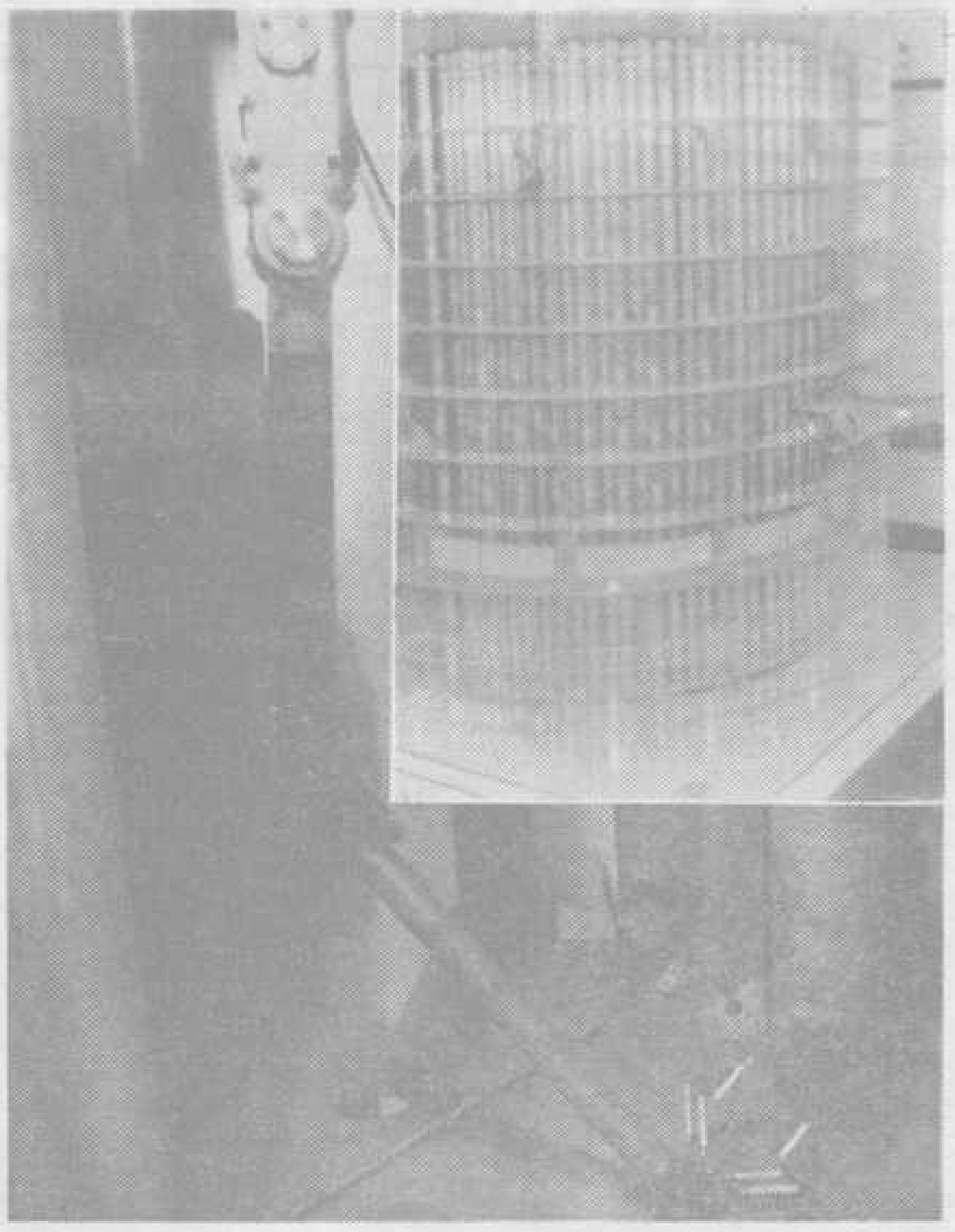
Tanta disponibilidad es una combinación de ingeniería sólida, combustible local y abundante, y mantenimiento constante. La combinación da más disponibilidad incluso que la que ofrece una obra "hidro" montada sobre un río gigante, como Salto Grande, con sus 1.418 megavatios instalados sobre el Uruguay, río que no por grandote cuerpea las sequías. Los embalses viven economizando agua, ya por no dilapidar reservas, ya porque se la necesita para irrigación. Pero el uranio sirve para una única cosa: para quemarlo. La expresión cuantitativa de esta realidad es el llamado **factor de carga**. El de Atucha I llegó a ser del 90%. El de la cuenca del Limay en su conjunto, es del 33%, y el de Salto Grande, del 50% —la cifra más alta del país en el campo hidroeléctrico—. **A bajos factores de carga, baja generación.**

Por esta misma razón, cada megavatio electronuclear instalado en el país significa la friolera de 6 gigavatios hora de energía producida (6,23 en el caso de Embalse, mejor "quemadora" que Atucha). En comparación, nuestros diques: el Chocón, 2,52 gigavatios/hora. Alicurá, apenas 1,79. Salto Grande, la mosca blanca de los diques, 3,88.

Lo que mueve Atucha I no hay que esperar que llueva del cielo, como el "combustible" de los diques, ni hay que importarlo, como parte de nuestro fuel oil. Además la central es mecánicamente muy fuerte. Sumando todo, terminó siendo un negoción. Para ponerlo en números, costó apenas 400 millones de dólares y hasta hoy le ahorró al país unos 8 millones de toneladas de fuel-oil, es decir unos 800 "palos verdes".

Lo que no hay modo de medir en dólares es el aprendizaje técnico que hizo la Argentina cuando compró Atucha I, y luego Embalse. Salvo que usemos un único dato: **a 20 años de la primera compra, nuestro país tiene capacidad de diseño electronuclear propio, y es un pequeño pero agresivo competidor en el mercado atómico mundial. Allí ofrece productos y servicios por miles de millones de dólares anuales, y cobra muy contento algunos cientos de millones por lo que vendió.** En tecnología "hidro" y "termo", lamentablemente, nuestro país sigue siendo un simple comprador de inteligencia ajena, y como indican algún dique rajado de parte a parte y ciertas máquinas que paran más de lo que andan, a veces un comprador de buzones. Del mantenimiento de nuestro parque térmico, mejor no hablar: allí campeó la tradición criolla de dejar que todo se caiga a pedazos, **la verdadera causa por la que se apaga la luz —aunque las tintas se carguen contra Atucha—.**

Como ahorro de agua, de hidrocarburos, de buzones, de apagones y de dolores de cabeza, Atucha I parece haber sido una inversión bastante lógica. Cuando se la vuelva a poner en marcha posiblemente siga siéndolo.



El extremo operativo del manipulador en proceso de descontaminación. En su extremo la mano mecánica. Arriba: la maqueta muestra la cerrada jungla de caños que se encuentra en el corazón de Atucha I. La mano señala la ubicación del desperfecto.

Cirug

(Viene d

Ese calor irá a para
será transformado e
por el contrario, fluy
es el recipiente de pr
ciana y sin calentar
180 grados. Como los
este debe mantenerse
grados deja de frenar
de neutrones captura
se queda sin aire.

Fue lo que pasó e
tubito que contenía
sacudón va, sacudón
rante, soltándolo de
que. El chorro que vo
tada al canal zafado
caliente en las hast
entrañas de Atucha
de una manguera de
tro cuadrado de pre
cosas, es porque el d
todos modos, se solta
rante R06, que derra
sus contenidos, los m
al romperse y derram
ron por todos lados
amenizar la velada,
arrancaron algunas

La primera herramien
Atucha I. En realidad,

Una revolución en electroenergética

MOSCU (DAN). — En el Instituto de Física de Moscú bajo la dirección de **Alexandr Ovchinnikov**, se creó una nueva clase de polímeros que se espera provoquen **una verdadera revolución en electroenergética** reduciendo considerablemente el consumo de energía eléctrica: se trata de **materiales ferromagnéticos, materiales orgánicos que poseen las mismas cualidades magnéticas del hierro.**

Hasta hace poco se consideraba que los compuestos moleculares, que no contienen átomos de hierro, cobalto o níquel, no pueden poseer propiedades magnéticas. Alexandr Ovchinnikov al principio vaticinó teóricamente y luego obtuvo en su laboratorio, por primera vez en el mundo, polímeros, compuestos solo de carbono, nitrógeno, hidrógeno y algunos aditivos no metálicos, **que se comportan como imanes de hierro comunes.**

Según informaron a TASS en el instituto, los materiales ferromagnéticos poliméricos son seis veces más ligeros que el hierro, resisten a la corrosión y no conducen la electricidad.

Por ahora los imanes poliméricos son 1.000 veces más débiles que los de hierro, no obstante Alexandr Ovchinnikov afirma que teóricamente es posible sintetizar polímeros, cuya imantación específica superará en vez y media al hierro. En la actualidad en la URSS, los EE.UU. y Japón existen cerca de 20 materiales ferromagnéticos orgánicos, de ellos, 10 en la Unión Soviética.

Los científicos soviéticos calcularon que si en todos los transformadores, utilizados en el país, se sustituyen los núcleos de hierro, que "quitan" una parte considerable de la potencia, por los polímeros, se puede ahorrar el doble de la energía eléctrica que se produce ahora por todas las centrales electronucleares de la URSS. Los nuevos polímeros pueden utilizarse no solo para fabricar aparatos y sensores económicos, si no disquetes y cintas magnéticas para grabar la información en los ordenadores, tarjetas magnéticas bancarias y llaves codificadas.

Ahora en el laboratorio de Alexandr Ovchinnikov se llevan a cabo trabajos con vistas a crear nuevos ferromagnéticos polímeros, más perfectos, dedicándose una debida atención a la elaboración de tecnologías industriales para su fabricación.

TRES DROGAS Y UN METODO DE MICROCIRUGIA

Esclerosis múltiples: juntando armas para la batalla final

Uno de cada cien seres humanos puede sufrir esclerosis múltiple, una de las enfermedades más implacables en la actualidad. Los científicos de todas las épocas se han afanado en la búsqueda de una panacea contra el mal. Aunque tal remedio completo no existe, los investigadores se encuentran en buen camino, ya que tres drogas y un método de microcirugía han mostrado resultados muy alentadores.

En un reciente congreso llevado a cabo en Lyon, Francia, un conjunto de especialistas debatió los últimos adelantos y coincidió en destacar la importancia decisiva de las imágenes por resonancia magnética nuclear, una nueva técnica que permite diagnosticar la enfermedad en un estado precoz, en lugar de los cinco o seis años que demandaban los métodos tradicionales.

Una droga llamada Cop-1, los ya conocidos interferones antivirales y el componente activo de la marihuana (THC) han dado excelentes resultados en estudios experimentales con animales de laboratorio y, en algunos casos, con enfermos, de acuerdo con un artículo de "La Recherche".

Los médicos aún se preguntan por qué surgen en el sistema nervioso central las placas rosadas o grisáceas que progresivamente dañan la mielina, la sustancia blanca que protege y alimenta los nervios. ¿Es un virus el responsable de las parálisis transitorias de los miembros? ¿Acaso las sensaciones visuales y tactiles anormales se deben a un defecto genético? ¿O es el sistema defensivo del cuerpo el que se descontrola y ataca a las propias células? La polémica científica sigue abierta, aunque un punto es indiscutible: existe un proceso inflamatorio que destruye la cobertura de mielina de los nervios, interrumpiendo la transmisión del impulso.

El compuesto químico Cop-1, sintetizado por Michael Sela y Ruth Arnon, del Instituto Weizman de Israel, mostró que puede ser una esperanza para los pacientes. Inyectando diariamente a 25 de ellos durante dos años, el doctor Myron Bornstein, del Instituto de Medicina Albert Einstein de Nueva York, redujo los accesos de la enfermedad de modo impresionante. Por su parte, Kenneth Johnson —de la Universidad de Maryland, de los Estados Unidos— afirmó que "el interferón beta podría convertirse en el tratamiento ideal para los casos juveniles de esclerosis múltiple", y subrayó la inexistencia de efectos secundarios indeseables al administrar interferón, una sustancia que es normalmente producida por el organismo.

Finalmente, el doctor Bornstein probó que en las ratas, el THC del cannabis (marihuana) retarda y reduce las manifestaciones de una enfermedad similar a la esclerosis en placas. Bornstein cree que el THC influye en la secreción de antiinflamatorios por parte de las glándulas suprarrenales.

La esclerosis múltiple es una compleja enfermedad. Existen formas más benignas que otras, los ataques pueden ser esporádicos o muy frecuentes e invalidantes, y también varía la edad de comienzo de los síntomas, aunque generalmente se producen entre los 20 y 30 años.

Si bien las recientes investigaciones abren esperanzas para miles de enfermos en todo el mundo, todavía resta camino científico por recorrer.

Aun con estas reservas, los investigadores norteamericanos y franceses confían en que un tratamiento que vaya más allá del momentáneo alivio no se hará esperar mucho tiempo.

Alejandra Folgarait
Centro de Investigación Científica y Técnica

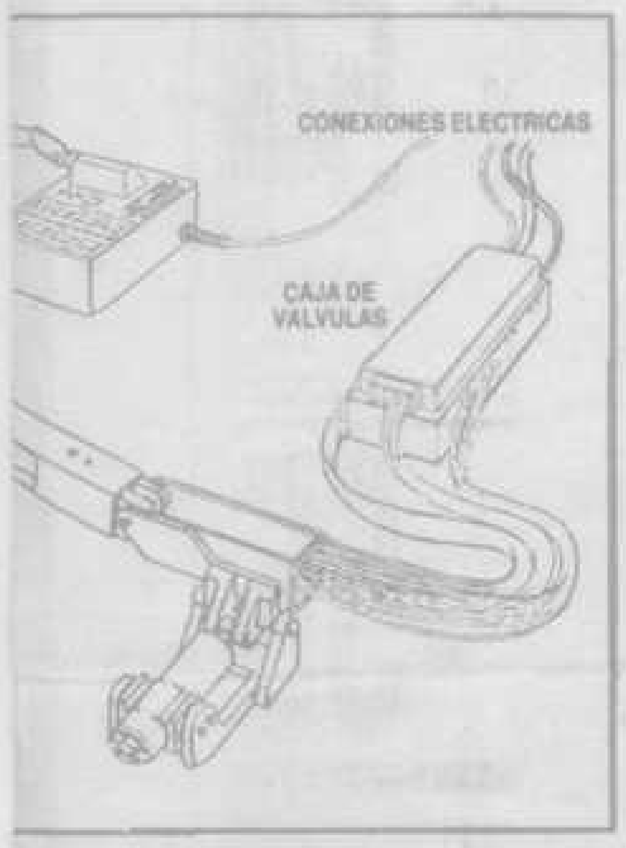
NERGETICA NACIONAL

ía en el corazón atómico

(de PAGINA ANTERIOR)

a la lejanas turbinas, donde electricidad. El moderador, por el ancho "cacerolón" que sión con una pachorra provin- mucho: no debe exceder los moderadores de carne y hueso, algo frío. Si trepa sobre los 180 los neutrones y el reactor, falto les, se frena como un auto que

Atucha I, cuando un inocente medidor empezó a vibrar, y iene, degolló un canal refrige- boquilla en el fondo del tan- mitó esa boquilla, antes conec- se derramó como un geyser entonces "tibias y plácidas" las sacudió con la delicadeza bombero (7 kilos por centíme- ión): si no se rompieron más seño es realmente robusto. De on bastantes: el canal refrige- mó por el fondo del recipiente zos de tubitos de circaloy, que arse como palitos chinos rega- sus pastillas de uranio. Para las corrientes intempestivas de las chapas que revisten el



ta que operó en el corazón de l brazo ejecutor tiene 15 metros de largo.

interior del recipiente, destinadas a maximizar la aislación térmica entre moderador y refrigerante.

Lo interesante es la reacción de los servomecanismos de seguridad de Atucha I ante el desperfecto. Cuando el reactor se quedó sin neutrones y "sin polenta", trató de compensar el bajón retirando las barras de control —que eliminan neutrones innecesarios—, pero esta maniobra tiene un límite estricto, superado el cual la central está programada para "apagarse"automátic amente, aún si su dueño fuera —y no lo es— una especie de kamikaze atómico y se emperrara en hacerla funcionar pase lo que pasare. No es el caso de la CNEA. La seguridad nunca estuvo en juego. Pero sí lo está la disponibilidad.

Conclusión: hay que sacar toda esa chatarra y esos caños (cortar, manipular, reducir en pedacitos, aspirar). Una vez limpio el recipiente de presión, rearmar con piezas nuevas, restableciendo la separación térmica y física del moderador y el refrigerante (soldar, montar, armar, sellar). Todo eso desde 14 y más metros de distancia, bajo el agua, en medio de un barroco bosque de caños que no da margen de maniobra, y todo a través de tubos de apenas 12 centímetros. Las extremidades operativas tienen que realizar manipulaciones que requieren una delicadeza quirúrgica, pero también la fuerza de una prensa hidráulica: en fin, las herramientas que uno compra a un vendedor ambulante en un colectivo porteño, no sirven. Se necesitan telemanipuladores tan exprofeso, tan específicos no solo de un aparato único como es esta central, sino de un desperfecto insólito e inédito, que ningún país los pudo ofrecer "del anaquel", incluido el proveedor alemán de Atucha I (Siemens-KWU). La firma germana hablaba de 8 meses para dejar la central funcionando, y de 7 millones de dólares. Nada conforme, la CNEA se propuso hacer las cosas por la propia: dadas las enormes demoras impuestas por el gobierno germano para autorizar la entrega de repuestos a nuestro país, reina la seguridad de que se llegará antes con tecnología criolla, y por mucha menos plata. Los apuros y la decisión de "cortarnos solos", obviamente, no los impone el chauvinismo técnico, sino el apagón nacional.

Las primeras herramientas van entrando en acción, frutos del ingenio local y de algunas "firmas nucleares": INVAP, CONUAR, Techint, con asesoramiento de la misma CNEA. La batalla por volver a reactivar Atucha I se está librando en estos mismos momentos. Su posible éxito podría devolverle al SIN una de sus mejores máquinas, y tal vez a la Argentina en general y a la CNEA en particular, cierta confianza —bastante desdibujada— en los cerebros y en las manos de aquí. No hay mejor maestro que la necesidad.

GENETICA

Los portadores de la herencia

Gracias al desarrollo de cromosomas artificiales, es posible estudiar hoy el papel que cumplen los elementos funcionales de estos portadores de los genes en la división celular, afirman dos investigadores estadounidenses, y tal vez, en el futuro, evitar problemas hereditarios como el mogolismo.

Andrew Murray y Jack Szotak, de la Universidad de California y el Departamento de Génetica del Hospital General de Massachusetts, respectivamente, explican en un artículo de la revista "Investigación y Ciencia" cómo un proyecto para fabricar cromosomas artificiales, iniciado en 1983, les permitió estudiar el comportamiento de estos portadores de la información hereditaria que posibilitan la reproducción y supervivencia de los seres vivos.

Los cromosomas están formados por largos filamentos de ácido desoxirribonucleico (ADN). Durante el más común de los procesos de división celular, por el que se originan dos células idénticas a partir de la original, el ADN de los cromosomas se duplica y se distribuye por partes iguales en las células hijas.

"Tres son los elementos de los cromosomas necesarios para llevar a cabo la duplicación y la separación" explican Murray y Szotak. "Uno es el origen de la duplicación, lugar del cromosoma donde comienza la síntesis del nuevo ADN. Por ser muy largos los cromosomas y muy lenta la duplicación, en cada cromosoma hay muchos orígenes", aclaran los científicos.

Otro elemento necesario, según Murray y Szotak, es el centrómero —segmento de ADN ubicado habitualmente en el centro— por donde el cromosoma se une a unas fibrillas que se forman en el momento de la división celular, con el fin de transportar a los cromosomas "hijos" a una y otra célula.

Un tercer elemento de importancia es, según los científicos, el telómero —secuencia de ADN repetitivo— que impide la degradación de los genes terminales del cromosoma.

Murray y Szotak lograron fabricar el primer cromosoma artificial en 1983. Para ello utilizaron un fragmento de ADN bacteriano que tiene la propiedad de duplicarse independientemente de los cromosomas. A ese fragmento fueron agregando los orígenes de duplicación, el centrómero y finalmente los telómeros.

Sobre la base de este cromosoma artificial y otros que fabricaron posteriormente, Murray y Szotak están investigando si orígenes de duplicación, centrómeros y telómeros son los únicos fragmentos de ADN especializado necesarios para un normal comportamiento de los cromosomas. También pretenden esclarecer cómo se produce el mecanismo de separación de los cromosomas

Uno de los descubrimientos que han hecho hasta el momento es que el largo de los cromosomas influye de modo decisivo en la precisión con que se separan durante la división celular. Llegaron a esta conclusión al observar que los cromosomas artificiales presentan mayor cantidad de errores en la separación cuanto menor es su tamaño.

"Estos estudios incrementarán nuestros conocimientos sobre las enfermedades genéticas que tienen su origen en trastornos de la herencia cromosómicas", concluyen.

Tal vez en un futuro no muy lejano, evitar enfermedades como el síndrome de Down o mogolismo, que dota a los afectados de un cromosoma supernumerario, sea un trabajo de ingeniería hasta hace poco difícil de imaginar.

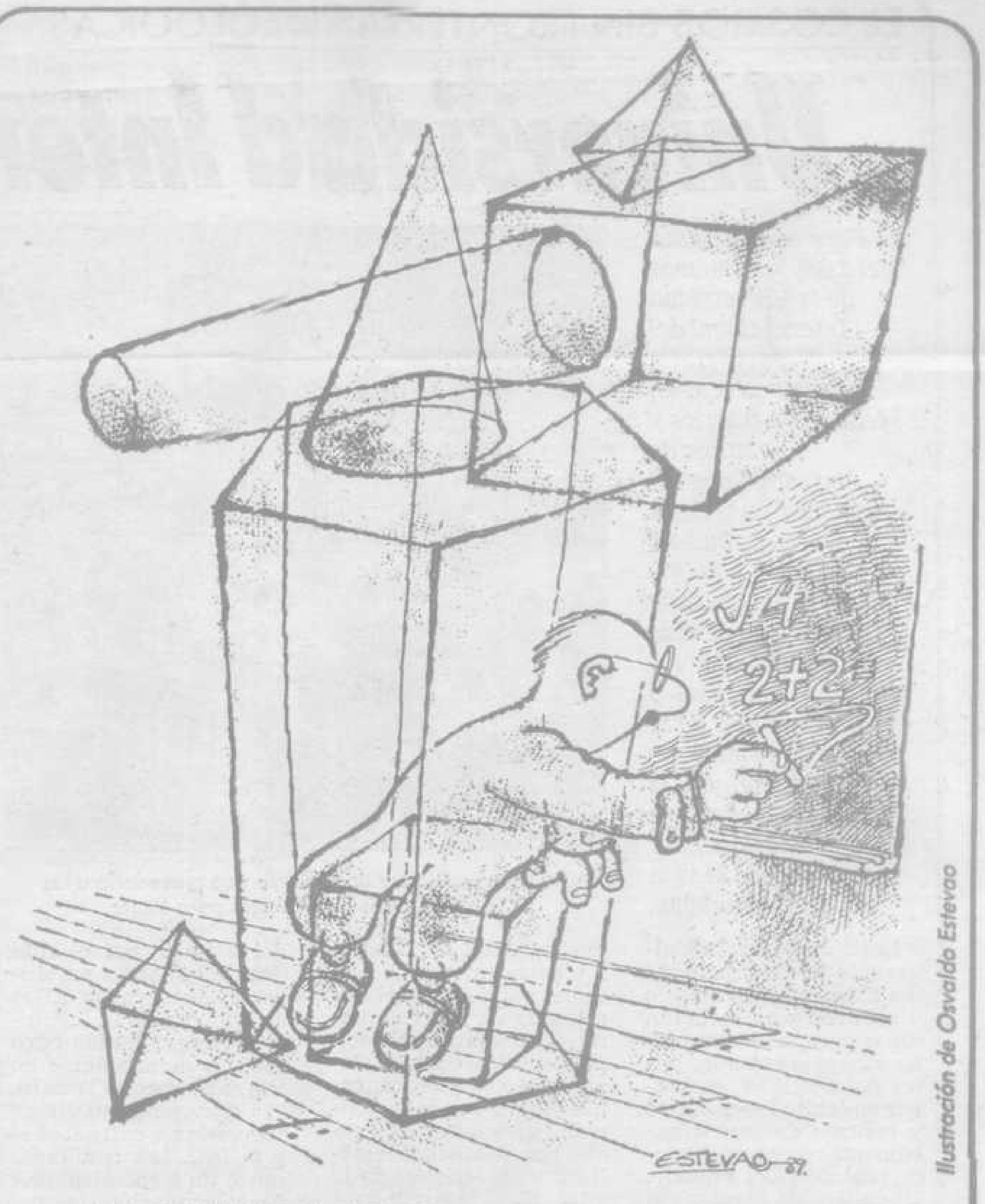


Ilustración de Osvaldo Estevao

CIENCIA AL DIA

El teorema de Gödel, 1931

Desde muy antiguo se consideró a la matemática, y con bastante justicia, como la reina de las ciencias. Este precepto, cuando Galileo en el siglo XVII proclamó que "el libro de la naturaleza está escrito con caracteres matemáticos", confirió a la corona los atributos del derecho divino. Y hasta cierto punto, los de una monarquía absoluta. Si bien las matemáticas nunca parafrasearon a Luis XIV diciendo "la ciencia soy yo", fue tan solo porque son incapaces de hablar (y tal vez por falsa modestia). Lo cierto es que, a partir del triunfo de la mecánica newtoniana, **las matemáticas se convirtieron en la aspiración común de todas las disciplinas científicas: matematizar una ciencia garantizaba su verdad.** Es preciso reconocer, de paso, y a despecho de cualquier aspiración republicana, que este sistema de gobierno dio resultados espectaculares: la reducción de las ciencias a fórmulas y el manipuleo de ellas produjeron la acumulación de conocimientos más formidable que recuerde la memoria humana.

Ese papel central de las matemáticas deviene de su método: la obtención de resultados mediante la deducción puramente lógica a partir de un puñado de axiomas elementales que se aceptan como verdaderos. De hecho, esta fue la metodología que utilizó Euclides en sus célebres **Elementos de Geometría**, que compuestos en el siglo III antes de Cristo se usaron sin mayores variantes hasta hace ciento cincuenta años, y permanecen, sin demasiadas transformaciones, en los textos de geometría que se utilizan aún hoy en la escuela secundaria.

Es verdad que durante el siglo pasado, la supuesta verdad absoluta de los axiomas de la geometría euclideana recibió un duro golpe: **partiendo de axiomas diferentes a los de Euclides, Lobachevsky y Riemann construyeron geometrías perfectamente coherentes,** aunque distintas de la euclídea, y de alguna manera, la búsqueda de la verdad fue sustituida por el afán de coherencia y no contradicción. Hacia finales de siglo, el triunfo del método axiomático era completo: las investigaciones de la lógica matemática se dirigían con especial énfasis a buscar una formalización y axiomatización de **toda la matemática.**

La idea se inscribía perfectamente en la muy finisecular concepción del progreso: una vez encontrados los axiomas adecuados, todas las verdades podrían ser deducidas a partir de ellos, mediante la lógica y la paciencia. Cuando en 1900 el gran David Hilbert presentó un programa enunciando la lista de problemas matemáticos pendientes (apenas un puñado), hizo un alarde de confianza: resolverlos era solo cuestión de tiempo. **La potencia de las matemáticas parecía infinita y siguió pareciendo infinita hasta 1931.**

Porque en ese año, en efecto, el matemático **Kurt Gödel demostró un teorema que se transformó en un clásico** y que por su importancia (y su exquisita belleza) se conoce como **"el teorema de Gödel, 1931" (y también como el teorema que asegura la incompletitud de la aritmética).** En él se demuestra que no todas las verdades matemáticas pueden ser alcanzadas. Más sencillamente: que **en cualquier sistema que contenga a la aritmética, existe por lo menos una fórmula que, aun siendo verdadera, no podrá jamás ser demostrada. No importa cuál sea el conjunto de axiomas que se use: siempre habrá algo que, si bien es verdadero, no se puede demostrar.**

Es decir: en el seno mismo de las matemáticas hay cosas no alcanzables, lugares a donde la paciente deducción no llegará jamás.

Naturalmente, este curioso resultado no afecta para nada a la utilización de las matemáticas por el resto de los científicos, ni al papel central que esta juega en todo el sistema de las ciencias. Pero, de alguna manera, limita su omnipotencia. Desde la Revolución Francesa en adelante, y como pudo comprobar Luis XVI, ya se sabe que las monarquías absolutas no son del todo seguras, y si bien no es cierto que las matemáticas hayan perdido su cetro, puede decirse que su largo y glorioso reinado, desde el teorema de Godel en adelante, adquirió los contornos de una monarquía constitucional.

Leonardo Moledo

EL COSMOS SIN FRONTERAS IDEOLOGICAS

Universidad Internacional en órbita

Para años después del 2.000, los alumnos de la Universidad Internacional del Espacio (ISU) esperan colocar en órbita laboratorios y centros de investigación del espacio. Con sede en Massachusetts (EE.UU), la ISU acaba de celebrar su primer año de vida con un total de 104 estudiantes provenientes de 21 países. Entre sus avances figura el haber diseñado ya una estación lunar para la vida humana.

La Luna podría ser una colonia que precedería a los asentamientos proyectados para Marte.

Los alumnos de la Universidad Internacional del Espacio (ISU) no solo diseñaron una estación lunar para la vida humana sino que esperan, antes del año 2088, mantener en órbita laboratorios y centros de investigación que resuelvan los interrogantes del espacio. El cultivo de plantas sin agua (hidroponia) y la influencia de la falta de gravedad sobre el cuerpo humano serían algunos de los temas de las investigaciones.

Con motivo de su primer cumpleaños, la ISU, con sede en Massachusetts, Estados Unidos, celebró la participación de **104 estudiantes originarios de 21 naciones distintas.** En la oportunidad se anunció que la Luna podría ser, según el proyecto de los mismos estudiantes, no solo un observatorio privilegiado sino una colonia de hombres y mujeres que precedería a los asentamientos proyectados para Marte.

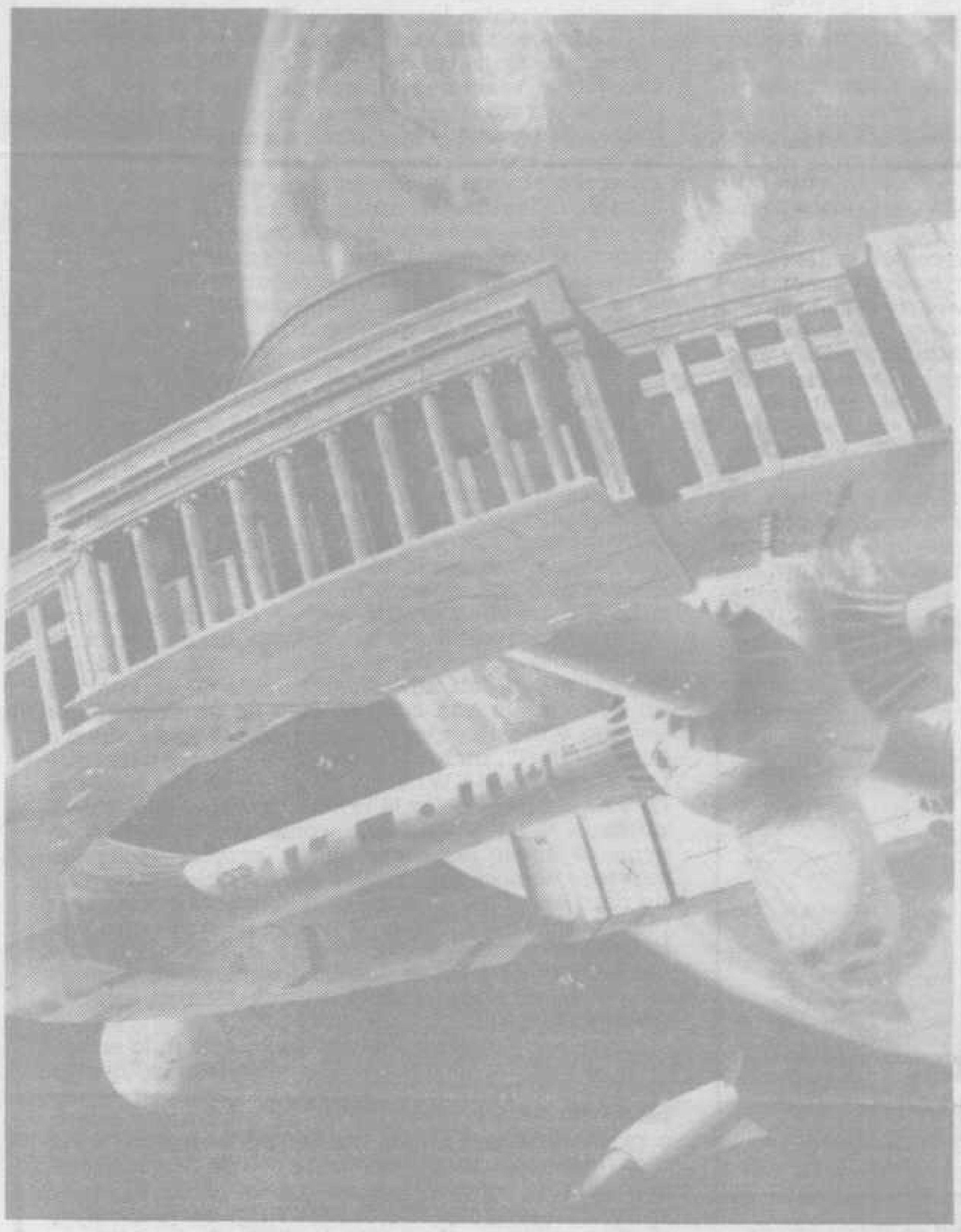
"Las universidades florecieron durante los tiempos de las grandes expediciones y descubrimientos en nuestro planeta. Ahora, la Universidad Internacional del Espacio responderá a un desafío muy diferente", declaró Arthur C. Clarke, autor del famoso clásico de ciencia ficción **2001 Odisea del Espacio**, en la ceremonia de graduación de los **profesionales del mañana**. Así se llama a los estudiantes de esa universidad que en el término de un año estudiaron y trabajaron en disciplinas tales como biología espacial; política, comercio y leyes de la actividad humana en el espacio; aplicaciones de satélites; y en aspectos de la ética, filosofía e industria relacionados con la exploración espacial.

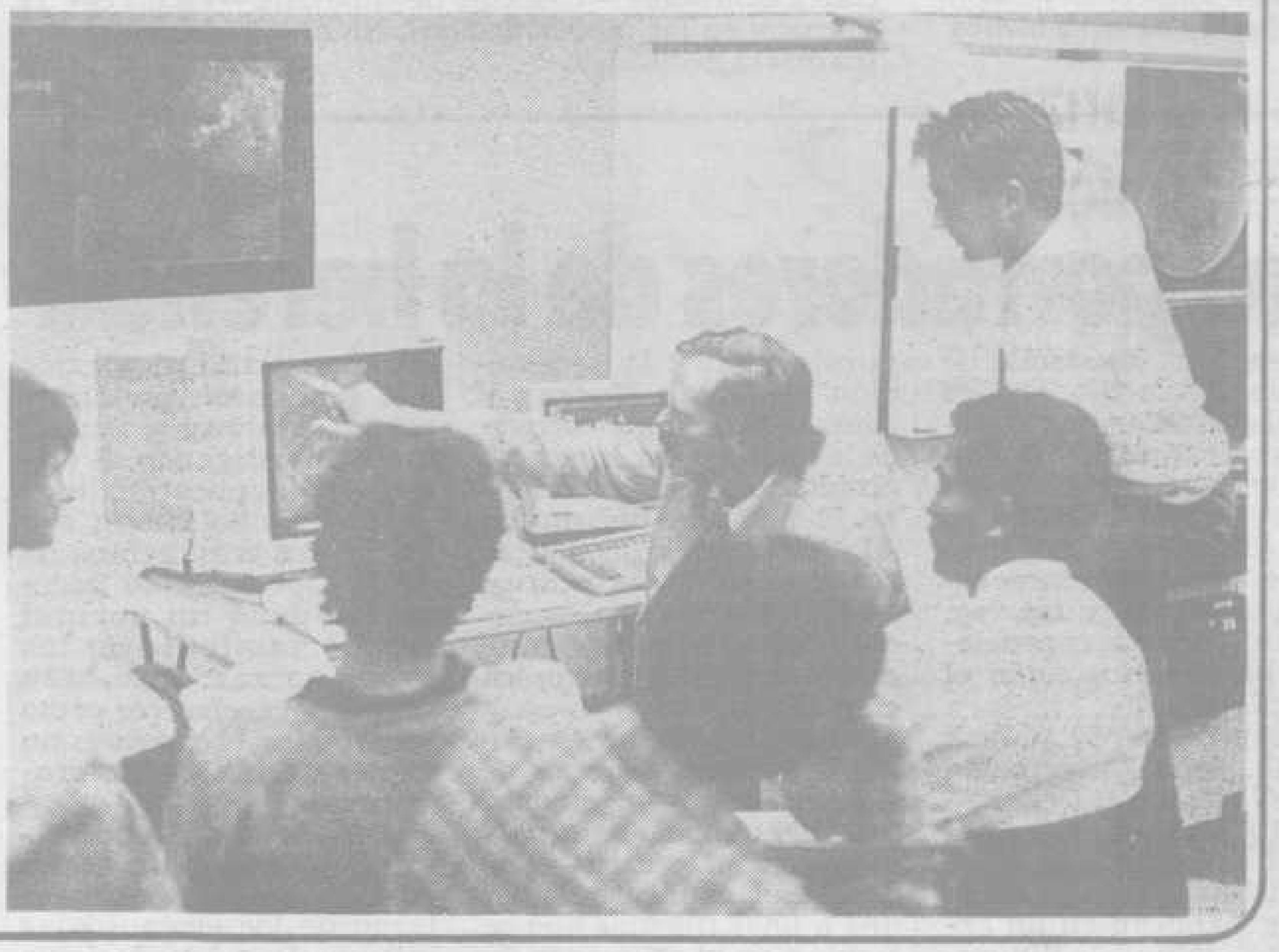
El diseño de una base lunar habitada, propuesto por los estudiantes de la ISU, contempla la ausencia de atmósfera, las oscilaciones de temperatura entre 117 grados centígrados y 173 grados centígrados bajo cero, la incidencia de los rayos cósmicos y el bombardeo constante de minimeteoritos. A pesar de las dificultades que tendrían los colonos de la Luna, especialmente en lo que al transporte de módulos para la estación, agua, comida y reciclado de desperdicios se refiere, los estudiantes de la ISU aseguran que el satélite sería un observatorio ideal para estudiar las estrellas lejanas. Esta suposición es compartida por la NASA, la Agencia Espacial Europea y la Federación Astronáutica Internacional.

Por otra parte, en un acto sin precedentes, el Instituto Moscovita de Aviación (MAI) formalizó un acuerdo con la Universidad Internacional del Espacio por el cual doce estudiantes soviéticos se integrarán a las actividades de la institución programadas para 1989, a desarrollarse en Estrasburgo, Francia. "El convenio formalizará fuertes lazos entre el MAI y la ISU. Los resultados serán un signo alentador para la relación que necesariamente deberán establecer Estados Unidos y la Unión Soviética en la conquista del espacio", declaró Todd B. Hawley, administrador de la ISU.

Mientras tanto la Subsecretaría de Gestión Educativa del Ministerio de Educación y Justicia de la Argentina informó que un alumno secundario fue seleccionado entre 94 postulantes para una beca ofrecida por la NASA. Este paso forma parte de una acción desplegada por el ministerio y la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales para que el tema del futuro humano en el espacio se incorpore a la educación sistemática, iniciativa que por primera vez un país latinoamericano pone en marcha.

Graciela C. Clivaggio.
Programa de Divulgación Científica y Técnica.





Con sede en Massachusetts, EE.UU., el ISU celebró su primer año con 104 estudiantes de 21 países.

VENTANA AL 2000

♦ **Futuro tratamiento para la poliartritis.**

Los descubrimientos genéticos realizados por los investigadores norteamericanos de la Clínica Mayo en Rochester, Minnesota, posiblemente permitan lograr un nuevo enfoque para el tratamiento de la poliartritis reumatoide.

Esta afección, que puede atacar casi todas las articulaciones, se debe a una alteración del dispositivo de defensa inmunitario, el sistema de protección natural del cuerpo. Entre los glóbulos blancos los linfocitos T son específicamente los encargados de combatir las sustancias que se reconocen como extrañas y de defender al organismo contra los microbios y los virus invasores.

Pero en la poliartritis reumatoide los linfocitos T se equivocan y atacan sin razón a tejidos sanos, en particular a una proteína —el colágeno— que se encuentra en las articulaciones.

Los investigadores de la Clínica Mayo han identificado dentro de los linfocitos T al gene que codifica al receptor químico que atrapa los microbios extraños. De ahí surgió la idea de fabricar un anticuerpo de síntesis capaz de bloquear a ese receptor. Al estar inhibidos, los linfocitos T no podrán atacar más al colágeno de las articulaciones.

Si las primeras experiencias dan resultados positivos, se procederá a fabricar y probar anticuerpos inyectables en el hombre.

♦ **Marcapasos cerebral.**

Sujetos a un tratamiento medicamentoso que compensa la falta de dopamina natural, los enfermos del mal de Parkinson siguen sufriendo, sin embargo, de temblores incontrolables que en algunos casos llegan a impedirles la actividad normal.

Para tratar de evitar este inconveniente el profesor de medicina Alim-Louis Benabid, que trabaja en el Inserm (instituto estatal de investigaciones médicas francés) tuvo la idea de implantar un "estimulador" en el cerebro de varios parkinsonianos. La operación se desarrolla en dos tiempos, primero localizando el tálamo (centro de control de los movimientos) e introduciendo después un electrodo flexible exactamente en esa zona cerebral.

El electrodo está conectado a un estimulador insertado bajo la piel, cerca de la clavícula del enfermo. Emite una frecuencia de 130 Hetz y es puesto en funcionamiento por el mismo paciente cuando siente necesidad. Se ha probado en una decena de enfermos durante los últimos dieciocho meses y ha dado resultados alentadores, al hacer cesar los temblores sin causar efectos secundarios.

S. G.